

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of

Shohei YAMAGUCHI

Serial No.: 10/628,493

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Filing Date: July 29, 2003

Examiner: Unknown

For: OPTICAL REPEATER HAVING INDEPENDENTLY CONTROLLABLE
AMPLIFICATION FACTORS

Honorable Commissioner of Patents
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Application Number 2002-221195
filed on July 30, 2002, upon which application the claim for priority is based.

Respectfully submitted,

Sean M. McGinn, Esq.
Registration No. 34,386

Date: 10/8/03
McGinn & Gibb, PLLC
Intellectual Property Law
8321 Courthouse Road, Suite 200
Vienna, VA 22182-3817
(703) 761-4100
Customer No. 21254

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 7月30日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-221195

[ST.10/C]: [JP2002-221195]

出 願 人
Applicant(s): 日本電気株式会社

2003年 6月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎

出証番号 出証特2003-3048613

【書類名】 特許願

【整理番号】 45701806

【提出日】 平成14年 7月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/35

【発明の名称】 光中継器

【請求項の数】 16

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 山口 祥平

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096231

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲垣 清

 【電話番号】 03-5295-0851

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 029388

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9303567

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光中継器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の光回線及び第 2 の光回線を伝搬する光信号を増幅する光中継であって、

第 1 の光回線中に光信号伝搬方向に順次に挿入される第 1 の後方励起用光増幅カプラ及び第 1 の前方励起用光増幅カプラと、

第 2 の光回線中に光信号伝搬方向に順次に挿入される第 2 の後方励起用光増幅カプラ及び第 2 の前方励起用光増幅カプラと、

前記第 1 の後方励起用光増幅カプラ及び前記第 2 の前方励起用光増幅カプラの双方に第 1 のレベルの励起光を入力する第 1 の励起光発生部と、

前記第 1 の前方励起用光増幅カプラ及び前記第 2 の後方励起用光増幅カプラの双方に第 2 のレベルの励起光を入力する第 2 の励起光発生部と、

前記第 1 及び第 2 のレベルを制御する制御部とを備えることを特徴とする光中継器。

【請求項 2】 前記第 1 及び第 2 の励起光発生部のそれぞれは、相互に異なる波長を発生する複数の光源から構成される、請求項 1 に記載の光中継器。

【請求項 3】 前記第 1 の励起光発生部の各光源が発生する波長は、前記第 2 の励起光発生部の光源が発生する波長の何れとも異なる、請求項 2 に記載の光中継器。

【請求項 4】 前記制御部は、前記第 1 の光回線における光信号の信号レベルの検出値に基づいて、前記第 1 のレベル及び前記第 2 のレベルの少なくとも一方を制御する、請求項 1 ～ 3 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 5】 前記制御部は、前記第 2 の光回線における光信号の信号レベルの検出値に基づいて、前記第 1 のレベル及び前記第 2 のレベルの少なくとも一方を制御する、請求項 1 ～ 4 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 6】 前記光中継器は、ラマン散光を利用して光信号を増幅する、請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 7】 前記制御部は、前記第 1 の光回線における光信号の増幅率と

、前記第 2 の光回線における光信号の増幅率とが独立に変化するように、前記第 1 及び第 2 のレベルを制御する、請求項 6 に記載の光中継器。

【請求項 8】 前記制御部は、前記第 1 の光回線及び第 2 の光回線の一方における増幅率を固定し、他方における増幅率を可変とするように、前記第 1 及び第 2 のレベルを制御する、請求項 6 又は 7 に記載の光中継器。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 の光回線中にはそれぞれ希土類添加光ファイバが挿入され、前記第 1 及び第 2 の後方励起用光増幅カプラ、並びに、前記第 1 及び第 2 の前方励起用光増幅カプラは、前記希土類添加光ファイバに向けて励起光を入力する、請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 1 0】 前記制御部は、前記第 1 の光回線を伝搬する光信号中に含まれる制御信号に基づいて、前記第 1 のレベル及び第 2 のレベルの少なくとも一方を制御する、請求項 1 ～ 9 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 1 1】 前記制御部は、前記第 2 の光回線を伝搬する光信号中に含まれる制御信号に基づいて、前記第 1 のレベル及び第 2 のレベルの少なくとも一方を制御する、請求項 1 ～ 9 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 1 2】 前記第 1 の光回線が上り光回線であり、前記第 2 の光回線が前記第 1 の光回線に対向する下り光回線である、請求項 1 ～ 1 1 の何れかに記載の光中継器。

【請求項 1 3】 一对の端局装置と、該一对の端局装置の間を接続する第 1 の光回線及び第 2 の光回線と、請求項 1 ～ 9 の何れかに記載の中継器とを備えることを特徴とする光信号伝送システム。

【請求項 1 4】 一对の端局装置と、該一对の端局装置の間を接続する第 1 の光回線及び第 2 の光回線と、請求項 1 0 又は 1 1 に記載の中継器とを備え、前記一对の端局装置の少なくとも一方が前記制御信号を送信することを特徴とする光信号伝送システム。

【請求項 1 5】 前記一对の端局装置の前記少なくとも一方は、前記第 1 の光回線又は第 2 の光回線から受信する光信号のレベルを計測し、該光信号のレベルに基づいて前記制御信号を発生する、請求項 1 4 に記載の光信号伝送システム。

。

【請求項 1 6】 前記第 1 の光回線が上り光回線であり、前記第 2 の光回線が前記第 1 の光回線に対向する下り光回線である、請求項 1 3 ～ 1 5 の何れかに記載の光信号伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は光中継器に関し、特に、一対の光回線における光信号の増幅率を独立に制御可能な光中継器に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

光信号を伝送する光回線では、その伝送路中に生じた損失を補填するために、所定間隔で配設される光中継器として、光信号を増幅する増幅器が設けられる。増幅器には、光信号を電気信号に変換し、増幅された電気信号を再び光信号に変換する電氣的な増幅器や、光信号を光のまま増幅する光増幅器が使用される。特に、海底ケーブルに使用される中継器では、低い消費電力特性が要求されるため、光増幅器が用いられることが多い。光増幅器としては、希土類添加物を混合した光ファイバを使用する光ファイバ増幅器と、光信号を伝搬する伝送路に励起光を照射することで生じるラマン散乱を利用したラマン増幅器とが知られている。

【0 0 0 3】

図 6 は、「日本電信電話株式会社 須藤昭一編 オプトエレクトロニクス社発行、エルビウム添加光ファイバ増幅器」に記載された従来の光中継器の構成を示している。光中継器は、光ファイバ増幅器として構成され、WDM（波長分割多重：wavelength division multiplexing）カプラ 1 0 と、アイソレータ 3 0 と、励起光源（LD）4 0 と、波長合波カプラ 5 0 と、光カプラ 6 0 と、エルビウム添加光ファイバ（EDF）7 6 と、LD 駆動回路 7 5 とを備える。

【0 0 0 4】

アイソレータ 3 0 は、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 中に配設され、光ファイバ中を伝搬する逆方向の光信号を抑制する。各 LD 4 0 は、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 を伝搬する、波長が多重化された光信号を増幅

するための励起光を生成する。各LD40は、1480nm帯の波長を有し、それぞれ中心波長が異なる値に設定される。LD駆動回路75は、各LD40のレーザ出力を制御することによって、上り線及び下り線の光ファイバ71、72における光信号の増幅率を制御する。

【0005】

上り線及び下り線の光ファイバ71、72に設けられた双方の光カプラ60は、上り線の光ファイバ71の光信号をタップしてこれを下り線の光ファイバ72に入力し、下り線の光ファイバ72の光信号をタップしてこれを上り線の光ファイバ71に入力する。この構成を採用することによって、上り線の光ファイバ71の端局装置で、下り線の光ファイバ72を伝搬する光信号をモニタすることができ、下り線の光ファイバ72の端局装置で、上り線の光ファイバ71を伝搬する光信号をモニタすることができる。

【0006】

波長合成カプラ50は、2入力-2出力の光カプラとして構成され、入力端から入力された2つのLD40が出力する励起光を合波し、合波された励起光を2つの出力端から出力する。波長合成カプラ50によって合波された励起光は、上り線及び下り線の光ファイバ71、72に対応して配設されたWDMカプラ10から、EDF76に向けてそれぞれ入力される。EDF76は、コア部分に希土類添加物としてエルビウム(Er)イオンを添加した光ファイバであり、EDF76では、WDMカプラ10から入力された励起光によって、光信号が増幅される。

【0007】

増幅される光信号の帯域を広げるには、異なる中心波長を有するLD40の数を増加すればよい。例えば、光中継器がLD40を4つ有する場合には、LD40を2つずつ対にして、2つのLD40が出力するレーザ光を、波長合波カプラ50によってそれぞれ合波し、合波されたレーザ光を、さらに波長合波カプラ50で合波する。これにより、4つのレーザ光が合波された励起光が、WDMカプラ10からEDF76に向けて入力される。WDMカプラ10では、後方励起が採用され、上り線及び下り線の光ファイバ71、72中における光信号の向きに対

して逆方向の励起光が照射される。

【 0 0 0 8 】

なお、図 6 の光中継器は、ラマン散光を利用したラマン増幅によって光信号を増幅することもできる。この場合、WDMカプラ 1 0 から入力された励起光は、EDF 7 6 ではなく、伝送路を構成する上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 に直接に入力される。

【 0 0 0 9 】

近年、光ケーブルを使用した伝送システムでは、波長多重技術が進み、光信号に多重する波長数が増加しているため、光増幅器には広帯域な特性が要求されている。この要求に対応するため、光増幅器を広帯域化する技術として、1 4 8 0 nm 帯の励起レーザを用いたラマン増幅を行なう光中継器が活発に研究されている。

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、海底ケーブルを中継する光中継器には、低消費電力特性に加えて、更に、高い信頼性が要求される。しかし、上記従来の光中継器では、何らかの理由により、例えば、上り線の光ファイバ 7 1 に励起光を入力する WDMカプラ 1 0 に励起光が入力されない場合には、上り線の光ファイバ 7 1 における光信号の増幅が不可能となる。つまり、単一の故障によって、直ちに光増幅が不可能となり、光伝送に障害なることから、信頼度が低いという問題があった。

【 0 0 1 1 】

また、上記従来の光中継器では、各 WDMカプラ 1 0 には同じ出力の励起光が入力される。このため、上り線の光ファイバ 7 1 における増幅率と、下り線の光ファイバ 7 2 における増幅率とを、独立に制御することができないという問題もあった。例えば 1 0, 0 0 0 km 程度の伝送路に、4 0 ~ 5 0 km 間隔で 2 5 0 段程度の光中継器が配置される場合には、各光中継器や光ファイバの特性の違いにより、上り線の光ファイバ 7 1 の受信端での光信号強度と、下り線の光ファイバ 7 2 の受信端での光信号強度とが、アンバランスになることがある。特に、光増幅器として、ラマン増幅器を使用する場合には、伝送路を構成する光ファイバ

の特性などの違いによって、光信号の増幅率のばらつきが大きくなる。この場合、光中継器において上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における増幅率が適切に制御されないと、受信端での光信号の強度や品質が低下するという問題もあった。

【 0 0 1 2 】

本発明は、単一の故障によっては直ちに光伝送の障害とはならないため、信頼度が高い光中継器を提供することを目的とする。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、一対の光回線を伝搬する光信号の増幅率が独立に制御可能であり、且つ、単一の故障によっては直ちに光伝送の障害とはならないため、信頼度が高い、ラマン増幅を行う光中継器を提供することを目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の光中継器は、第 1 の光回線及び第 2 の光回線を伝搬する光信号を増幅する光中継であって、第 1 の光回線中に光信号伝搬方向に順次に挿入される第 1 の後方励起用光増幅カプラ及び第 1 の前方励起用光増幅カプラと、第 2 の光回線中に光信号伝搬方向に順次に挿入される第 2 の後方励起用光増幅カプラ及び第 2 の前方励起用光増幅カプラと、前記第 1 の後方励起用光増幅カプラ及び前記第 2 の前方励起用光増幅カプラの双方に第 1 のレベルの励起光を入力する第 1 の励起光発生部と、前記第 1 の前方励起用光増幅カプラ及び前記第 2 の後方励起用光増幅カプラの双方に第 2 のレベルの励起光を入力する第 2 の励起光発生部と、前記第 1 及び第 2 のレベルを制御する制御部とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明の光中継器では、第 1 の光回線及び第 2 の光回線のそれぞれに、後方励起用光増幅カプラ、及び、前方励起用光増幅カプラが配設される。第 1 の光回線に配設された後方励起用光増幅カプラには第 1 の励起光発生部からの励起光が入力し、第 2 の光回線に配設された後方励起用光増幅カプラには第 2 の励起光発生部からの励起光が入力する。また、第 1 の光回線に配設された前方励起用光増幅

カプラには第 2 の励起光発生部からの励起光が入力し、第 2 の光回線に配設された後方励起用光増幅カプラには第 1 の励起光発生部からの励起光が入力する。各光回線では、光信号の増幅が 2 箇所で行われる冗長構成が採られるので、第 1 又は第 2 の励起光発生部における単一故障の際にも光信号の増幅が可能となり、光中継器の信頼度が高まる。

【 0 0 1 6 】

本発明の光信号伝送システムは、一对の端局装置と、該一对の端局装置の間を接続する第 1 の光回線及び第 2 の光回線と、上記光中継器とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明の光信号伝送システムでは、光中継器として、信頼度が高い光中継器を使用するため、システム全体の信頼度を高めることができる。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の光信号伝送システムは、一对の端局装置と、該一对の端局装置の間を接続する第 1 の光回線及び第 2 の光回線と、制御部が制御信号に基づいて動作する中継器とを備え、前記一对の端局装置の少なくとも一方が前記制御信号を送信することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本発明の光信号伝送システムでは、端局装置が光中継器に制御信号を送信し、光中継器の制御部は送信された制御信号に基づいて、第 1 及び第 2 の励起光発生部を制御する。このため、第 1 の光回線及び第 2 の光回線を伝搬する光信号の信号レベルを、端局装置からの指令に基づいて調整することができる。

【 0 0 2 0 】

本発明の光中継器では、前記第 1 及び第 2 の励起光発生部のそれぞれは、相互に異なる波長を発生する複数の光源から構成されることが好ましく、また、前記第 1 の励起光発生部の各光源が発生する波長は、前記第 2 の励起光発生部の光源が発生する波長の何れとも異なると更に好ましい。この場合、各光源における励起光の中心波長の差を大きく設定すると、増幅される光信号の帯域を広くすることができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の光中継器では、前記制御部は、前記第 1 の光回線における光信号の信号レベルの検出値に基づいて、前記第 1 のレベル及び前記第 2 のレベルの少なくとも一方を制御することができる。この場合、制御部は、第 1 の光回線の光信号レベルを所定の値に保つように、自動制御することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明の光中継器では、前記制御部は、前記第 2 の光回線における光信号の信号レベルの検出値に基づいて、前記第 1 のレベル及び前記第 2 のレベルの少なくとも一方を制御することができる。この場合、制御部は、第 2 の光回線の光信号レベルを所定の値に保つように、自動制御することができる。

【 0 0 2 3 】

本発明の光中継器は、ラマン散光を利用して光信号を増幅することができる。この場合、光中継器は、信号光に励起光を入力することにより発生するラマン散光を利用したラマン増幅の原理で、第 1 及び第 2 の光回線を伝搬する光信号を増幅する。

【 0 0 2 4 】

本発明の光中継器では、前記制御部は、前記第 1 の光回線における光信号の増幅率と、前記第 2 の光回線における光信号の増幅率とが独立に変化するように、前記第 1 及び第 2 のレベルを制御することができる。例えば、制御装置が、第 1 の励起光発生部のレーザ出力を上げた分だけ、第 2 の励起光発生部のレーザ出力を下げるように制御すると、第 1 の光回線では、後方励起による光信号の増幅が減少し、前方励起による光信号の増幅が増加する。同時に、第 2 の光回線では、後方励起による光信号の増幅が増加し、前方励起による光信号の増幅が減少する。同じ励起光の出力で比較すると、ラマン増幅では、後方励起の利得の方が、前方励起の利得よりも利得が大きいため、第 1 の光回線では光信号の増幅率が減少し、第 2 の光回線では光信号の増幅率が増加する。このように、後方励起と前方励起とにおける増幅の利得の差を利用することで、第 1 及び第 2 の光回線における増幅率を独立に制御することができる。

【 0 0 2 5 】

また、本発明の光中継器では、前記制御部は、前記第 1 の光回線及び第 2 の光回線の一方における増幅率を固定し、他方における増幅率を可変とするように、前記第 1 及び第 2 のレベルを制御することもできる。この場合、制御部は、一方の光回線における、後方励起による光信号の増幅の変化分と、前方励起による光信号の増幅の変化分との和が 0 になるように、第 1 及び第 2 の励起光発生部の出力レベルの比を制御しつつ、励起光の出力レベルを変化させることで、一方の光回線における光信号の増幅率を変化させずに、他方の光回線における光信号の増幅率を変化させることができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の中継器は、前記第 1 及び第 2 の光回線中にはそれぞれ希土類添加光ファイバが挿入され、前記第 1 及び第 2 の後方励起用光増幅カプラ、並びに、前記第 1 及び第 2 の前方励起用光増幅カプラは、前記希土類添加光ファイバに向けて励起光を入力することもできる。この場合、希土類添加光ファイバは、コア部分に希土類イオンが注入された光ファイバとして構成される。光中継器は、特定波長の励起光が照射されると、エネルギー状態が高い状態に遷移し、光を放出して再び元の安定状態に戻るという希土類イオンの性質を利用して、第 1 及び第 2 の光回線を伝搬する光信号を増幅する。

【 0 0 2 7 】

本発明の光中継器では、前記制御部は、前記第 1 の光回線を伝搬する光信号中に含まれる制御信号に基づいて、前記第 1 のレベル及び第 2 のレベルの少なくとも一方を制御することができ、前記制御部は、前記第 2 の光回線を伝搬する光信号中に含まれる制御信号に基づいて、前記第 1 のレベル及び第 2 のレベルの少なくとも一方を制御することもできる。この場合、制御信号としては、第 1 の光回線や第 2 の光回線中を伝搬する、波長が多重化された光信号のうちの一の波長を割り当てることができる。

【 0 0 2 8 】

本発明の光中継器、及び、光信号伝送システムでは、前記第 1 の光回線が上り光回線であり、前記第 2 の光回線が前記第 1 の光回線に対向する下り光回線であることが好ましい。この場合、光中継器は、上り回線及び下り回線のペアを中継

する光中継器として伝送路中に配設される。

【 0 0 2 9 】

本発明の光信号伝送システムでは、前記一对の端局装置の少なくとも一方は、前記第 1 の光回線又は第 2 の光回線から受信する光信号のレベルを計測し、該光信号のレベルに基づいて前記制御信号を発生することが好ましい。この場合、端局装置で受信される光信号のレベルに基づいて、光中継器における上り光回線や下り光回線の増幅率を制御することができる。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照し、本発明の実施形態例に基づいて、本発明を更に詳細に説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態例の光中継器の構成を示している。光中継器は、ラマン増幅を行なう中継器として構成され、励起光源レーザ (LD) 4 1、4 2 から構成される第 1 の励起レーザ部 4 5 と、LD 4 3、4 4 から構成される第 2 の励起レーザ部 4 6 と、3 dB カプラ 2 1、2 2 と、後方励起用の WDM カプラ 1 1、1 3 と、前方励起用の WDM カプラ 1 2、1 4 と、アイソレータ 3 1、3 2 と、LD 駆動回路 7 5 とを備える。

【 0 0 3 1 】

第 1 及び第 2 の励起レーザ部を構成する LD 4 1、4 2、4 3、及び、4 4 は、上り線の光ファイバ 7 1、及び、下り線の光ファイバ 7 2 を伝搬する波長多重光信号を増幅するための励起光を生成する。LD 駆動回路 7 5 は、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 が出力する励起光の出力をそれぞれ制御する。

【 0 0 3 2 】

第 1 の 3 dB カプラ 2 1 は、第 1 の励起レーザ部 4 5 が生成するレーザ光を合波し、合波された励起光を、上り線の光ファイバ 7 1 に配設された後方励起用の WDM カプラ 1 1、及び、下り線の光ファイバ 7 2 に配設された前方励起用の WDM カプラ 1 4 の双方に、同じレベルの励起光として出力する。第 2 の 3 dB カプラ 2 2 は、第 2 の励起レーザ部 4 6 が生成するレーザ光を合波し、合波された励起光を、下り線の光ファイバ 7 2 に配設された後方励起用の WDM カプラ 1 3、及び、上り線の光ファイバ 7 1 に配設された前方励起用の WDM カプラ 1 2 の

双方に同じレベルの励起光として出力する。

【 0 0 3 3 】

後方励起用のWDMカプラ 1 1 及びWDMカプラ 1 3 はそれぞれ、上り線の光ファイバ 7 1 及び下り線の光ファイバ 7 2 を後方励起で励起する。前方励起用のWDMカプラ 1 2 及びWDMカプラ 1 4 はそれぞれ、上り線の光ファイバ 7 1 及び下り線の光ファイバ 7 2 を前方励起で励起する。アイソレータ 3 1、3 2 はそれぞれ、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 中に配設され、光ファイバ中を伝搬する逆方向の光信号を抑制する。

【 0 0 3 4 】

第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 を構成する LD 4 1、4 2、4 3、及び、4 4 は、ラマン散乱を得るために、中心波長が 1 4 8 0 n m 帯のレーザとして構成される。また、各レーザは、励起光の干渉による出力変動を抑制し、ラマン増幅における高利得の帯域を拡大するために、互いに異なる発振波長に設定される。上り線の光ファイバ 7 1 では、後方励起用のWDMカプラ 1 1 により光増幅された光信号は、アイソレータ 3 1 を通過し、前方励起用のWDMカプラ 1 2 により、再び光増幅される。下り線の光ファイバ 7 2 も同様に、後方励起用のWDMカプラ 1 3 により光増幅された光信号は、アイソレータ 3 2 を通過し、前方励起用のWDMカプラ 1 4 により、再び光増幅される。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、一般的なラマン増幅の利得特性をグラフとして示している。ラマン増幅では、励起光の中心波長より 1 0 0 n m 長波長側の光信号が増幅される。同図に示すグラフでは、横軸を波長、縦軸を光増幅の利得とし、実線は後方励起で励起光を入力した場合の利得を、点線は後方励起と同じ出力（パワー）の励起光を前方励起で入力した場合の利得を示している。同図に示すように、励起光の出力が同じであれば、後方励起の方が、前方励起よりも利得が大きいことがわかる。

【 0 0 3 6 】

上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 の増幅率を制御する際には、LD 駆動回路 7 5 は、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の増幅率が所望の値となるように、第 1 の励起レーザ部 4 5 のレーザ出力、及び、第 2

の励起レーザ部 4 6 のレーザ出力をそれぞれ制御する。このとき、第 1 の励起レーザ部 4 5 のレーザ出力の変化分と、第 2 の励起レーザ部のレーザ出力の変化分とを、同じ値に制御すると、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における増幅率が同じ値で変化する。また、第 1 の励起レーザ部 4 5 のレーザ出力の変化分と、第 2 の励起レーザ部のレーザ出力の変化分とを、異なる値に制御すると、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における増幅率が独立に制御できる。

【 0 0 3 7 】

例えば、LD 駆動回路 7 5 が、第 1 の励起レーザ部 4 5 のレーザ出力を上げて、第 2 の励起レーザ部 4 6 のレーザ出力を下げると、上記したように、後方励起による利得と、前方励起による利得とが異なる値になるため、上り線の光ファイバ 7 1 における光信号の増幅率と、下り線の光ファイバ 7 2 における光信号の増幅率とが、異なる幅で変化する。ここで、第 1 の励起レーザ部 4 5 の出力を上げた分だけ、第 2 の励起レーザ部 4 6 の出力を下げると、上り線の光ファイバ 7 1 では、後方励起用の WDM カプラ 1 1 における利得の増加分の方が、前方励起用の WDM カプラ 1 2 における利得の減少分よりも大きくなる。このため、上り線の光ファイバ 7 1 における増幅率は増加する。また、下り線の光ファイバ 7 2 では、後方励起用の WDM カプラ 1 3 における利得の減少分の方が、前方励起用の WDM カプラ 1 4 における利得の増加分よりも大きくなり、光信号の増幅率は減少する。

【 0 0 3 8 】

上記制御に代えて、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 のうち、一方の光ファイバにおける光信号の増幅率を固定し、他方の光ファイバにおける光信号の増幅率を変化することもできる。例えば、下り線の光ファイバ 7 2 の後方励起用の WDM カプラ 1 3 における利得の増加分と前方励起用の WDM カプラ 1 4 における利得の減少分とが同じになるように、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 の出力の増減比を制御しつつ、出力の増減幅を変化させることで、下り線の光ファイバ 7 2 における光信号の増幅率を変化させずに、上り線の光ファイバ 7 1 における光信号の増幅率を変化させることができる。

【 0 0 3 9 】

本実施形態例では、光中継器において、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 に対して、それぞれ後方励起及び前方励起でラマン増幅を行う。このため、光中継器が冗長構成となり、例えば第 1 の励起レーザ部 4 5 に故障が発生した場合でも、第 2 の励起レーザ部 4 6 を使用して光増幅を行うことができ、信頼度が高まる。このため、本実施形態例の光中継器を、高い信頼度が要求される海底ケーブルにおける中継器として使用することもできる。端局装置間を接続する上り光回線及び下り光回線の中継器で中継する光信号伝送システムにおいて、本実施形態例の中継器を使用すると、信頼度の高い光信号伝送システムを構築することができる。

【 0 0 4 0 】

また、本実施形態例では、LD 駆動回路 7 5 が第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 をそれぞれ制御することで、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の増幅率を所望の値に制御する。光信号の増幅率の制御には、同じ励起出力におけるラマン増幅の後方励起と前方励起との利得差が利用される。第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 を構成する励起レーザの中心波長を、互いに異なる値に設定することで、励起光間の干渉を防止でき、増幅される光信号の帯域を広げることができる。

【 0 0 4 1 】

図 6 に示した従来の光中継器において、帯域を広げるために LD 4 0 を 4 つ備える構成を採るときには、4 つの LD 4 0 に出力を 2 つずつペアにして合波する際に、波長合波カップラ 5 0 にはレーザ光が出力されない出力端において、レーザ光間の干渉や反射を抑える必要があるが、本実施形態例では、LD 4 0 を 4 つ備える構成を採用しながらも、レーザ光間の干渉や反射を抑えるための機構を必要としない。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、本発明の第 2 実施形態例の光中継器の構成を示している。本実施形態例は、光カップラ 6 0 及びフォトダイオード 6 1 を上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 にそれぞれ備え、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の強度を検出して、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 のレーザ出力

を自動制御する点で、第 1 実施形態例と相違する。

【 0 0 4 3 】

上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 に設けられた光カプラ 6 0 は、それぞれ光信号の一部を分岐する。各光カプラ 6 0 から分岐された光信号は、各光カプラ 6 0 に対応して配設されたフォトダイオード 6 1 によって、光信号の強度に応じた電気信号に変換される。LD 駆動回路 7 5 は、各フォトダイオード 6 1 からの電気信号を入力し、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の強度を把握する。LD 駆動回路 7 5 は、把握した光信号の強度に応じて、光信号の強度が所定の値となるように、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 のレーザ出力を調整し、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の増幅率を制御する。

【 0 0 4 4 】

本実施形態例では、LD 駆動回路 7 5 が、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 における光信号の強度を把握し、光信号の増幅率を自動制御する。このため、光中継器を多数配置した光信号伝送システムにおいて、光中継器や、ラマン増幅が行なわれる光ファイバなどの特性の違いにより、光信号の増幅率がばらついた場合であっても、光信号の増幅率を所定の値に制御することができる。

【 0 0 4 5 】

図 4 は、本発明の第 3 実施形態例の光中継器を有する光信号伝送システムの構成を示している。本実施形態例の光中継器は、図 3 に示す光カプラ 6 0 とフォトダイオード 6 1 との間に帯域フィルタ 6 2 を備え、LD 駆動回路 7 5 は、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 の端部に配置された端局装置 1 0 1 から送信される制御信号で制御される点で、上記実施形態例と相違する。

【 0 0 4 6 】

本実施形態例における光信号伝送システムは、光ファイバの両端に配置される端局装置 1 0 1 と、光ファイバを伝搬する光信号を増幅して中継する光中継器 1 0 0 とを備える。各端局装置 1 0 1 は、自身に向けて送信された光信号を受信し、伝送路を挟んで対向する端局装置 1 0 1 に向けて光信号を送信する。また、各端局装置 1 0 1 は、光中継器 1 0 0 を制御する制御信号を送信する。制御信号に

は、波長が多重化された光信号のうち、所定の波長の信号が使用できる。光中継器 1 0 0 は、端局装置 1 0 1 間を接続する伝送路の経路長に応じて、配設される数や配設される間隔が設定される。

【 0 0 4 7 】

図 5 は、波長が多重化された光信号のスペクトルであり、(a) は伝送路を伝搬する光信号を示し、(b) は帯域フィルタ 6 2 を通過した光信号を示している。端局装置 1 0 1 から送信され、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 を伝搬する光信号は、同図 (a) に示すように、複数の波長成分の主信号と、1 つの波長が割り当てられた制御信号とで構成される。

【 0 0 4 8 】

光中継器 1 0 0 では、上り線及び下り線の光ファイバ 7 1、7 2 に対応して配設された帯域フィルタ 6 2 が、光カプラ 6 0 が分岐した、図 5 (a) に示すような光信号のうち、制御信号に割り当てられた所望の波長成分の光信号のみを通過させる。フォトダイオード 6 1 は、帯域フィルタ 6 2 を通過した同図 (b) に示すような光信号を電気信号に変換する。LD 駆動回路 7 5 は、電気信号に変換された制御信号に従って、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 のレーザ出力を制御する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態例では、光中継器 1 0 0 が増幅する光信号の増幅率を、端局装置 1 0 1 からの制御信号によって制御する。このため、端局装置 1 0 1 は、自身が受信する光信号の強度に応じて、光中継器 1 0 0 を制御することができ、受信する光信号の強度を、所望のレベルに保つことができる。

【 0 0 5 0 】

なお、上記実施形態例では、光増幅器としてラマン増幅器を例に説明したが、各 WDM カプラ 1 1、1 2、1 3、及び、1 4 に対応して E D F (エルビウム添加光ファイバ) 7 6 などの希土類添加光ファイバを配設することで、光ファイバ増幅器として構成することもできる。また、第 1 及び第 2 の励起レーザ部 4 5、4 6 として、それぞれ 2 つのレーザを備える例を説明したが、第 1 及び第 2 の励起レーザ部に配設するレーザは、1 以上であればよい。第 1 及び第 2 の励起レー

ザ部に複数のレーザを配設する場合には、各レーザの中心波長を互いに異なる値に設定すると、増幅される光信号の帯域を広げることができる。各LD40は、中心波長が1480nm帯のものを例に説明したが、これに限られず、中心波長が1400nm～1500nm帯程度のレーザとして構成されてもよい。

【0051】

第2実施形態例では、上り線及び下り線の光ファイバ71、72の信号上流側（光中継器の入力側）で光信号を分岐し、分岐した光信号の強度を電気信号に変換する例を説明したが、これに代えて、或いは、これに加えて、信号下流側（光中継器の出力側）で光信号を分岐し、分岐した光信号の強度を電気信号に変換して、LD駆動回路75に入力してもよい。第2実施形態例の光中継器を使用した光信号伝送システムでは、全ての光中継器が上り線及び下り線の光ファイバ71、72における光信号の強度を検出して自動制御する必要はなく、例えば、第1実施形態例の光中継器と、第2実施形態例の光中継器とを交互に配設することもできる。

【0052】

第3実施形態例では、光信号に制御信号を含ませる例を説明したが、これに代えて、端局装置101から他の手段、例えば電気信号を使用して光中継器100を制御することもできる。端局装置101は、全ての光中継器101に同じ制御を行なわせる制御信号を送信してもよく、各光中継器に識別番号を設けて、光中継器毎に異なる制御を行なわせる制御信号を送信してもよい。また、自動制御により増幅率を制御する第2実施形態例と、端局装置101からの指示に基づいて増幅率を制御する第3実施形態例とを組み合わせることで、端局装置101は、光中継器100に、自動制御、又は、指示値に基づく制御を切り替えて指示することもできる。また、図5に示した光信号伝送システムでは、端局装置101間の全ての光中継器100が、制御信号に基づいて動作する第3実施形態例の光中継器100で構成されなくてもよい。

【0053】

以上、本発明をその好適な実施形態例に基づいて説明したが、本発明の光中継器は、上記実施形態例にのみ限定されるものでなく、上記実施形態例の構成から

種々の修正及び変更を施した光中継器も、本発明の範囲に含まれる。例えば、光中継器は、光信号を同じ方向に伝搬する光ファイバを中継してもよい。

【 0 0 5 4 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光中継器は、一对の光回線を伝搬する光信号のそれぞれを後方励起光及び前方励起光で光増幅するため、光中継器が冗長構成となり、設備の信頼度が高まる。また、ラマン増幅を利用した光中継器では、後方励起光における増幅利得と、前方励起光における増幅利得との差を利用することで、一对の光回線の増幅率を独立に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態例の光中継器の構成を示すブロック図。

【図 2】

一般的なラマン増幅器における励起光波長と、ラマン利得との関係を示すグラフ。

【図 3】

本発明の第 2 実施形態例の光中継器の構成を示すブロック図。

【図 4】

本発明の第 3 実施形態例の光中継器の構成を示すブロック図。

【図 5】

(a) は伝送路を伝搬する光信号のスペクトルを、(b) は帯域フィルタ 6 2 を通過した光信号のスペクトルをそれぞれ示すスペクトル線図。

【図 6】

従来の光中継器の構成を示すブロック図。

【符号の説明】

1 0 ～ 1 4 : WDM カプラ

2 1、2 2 : 3 d B カプラ

3 0 ～ 3 2 : アイソレータ

4 0 ～ 4 4 : 励起レーザ (LD)

4 5、4 6 : 励起レーザ部

5 0 ~ 5 2 : 波長合波カプラ

6 0 : 光カプラ

6 1 : フォトダイオード

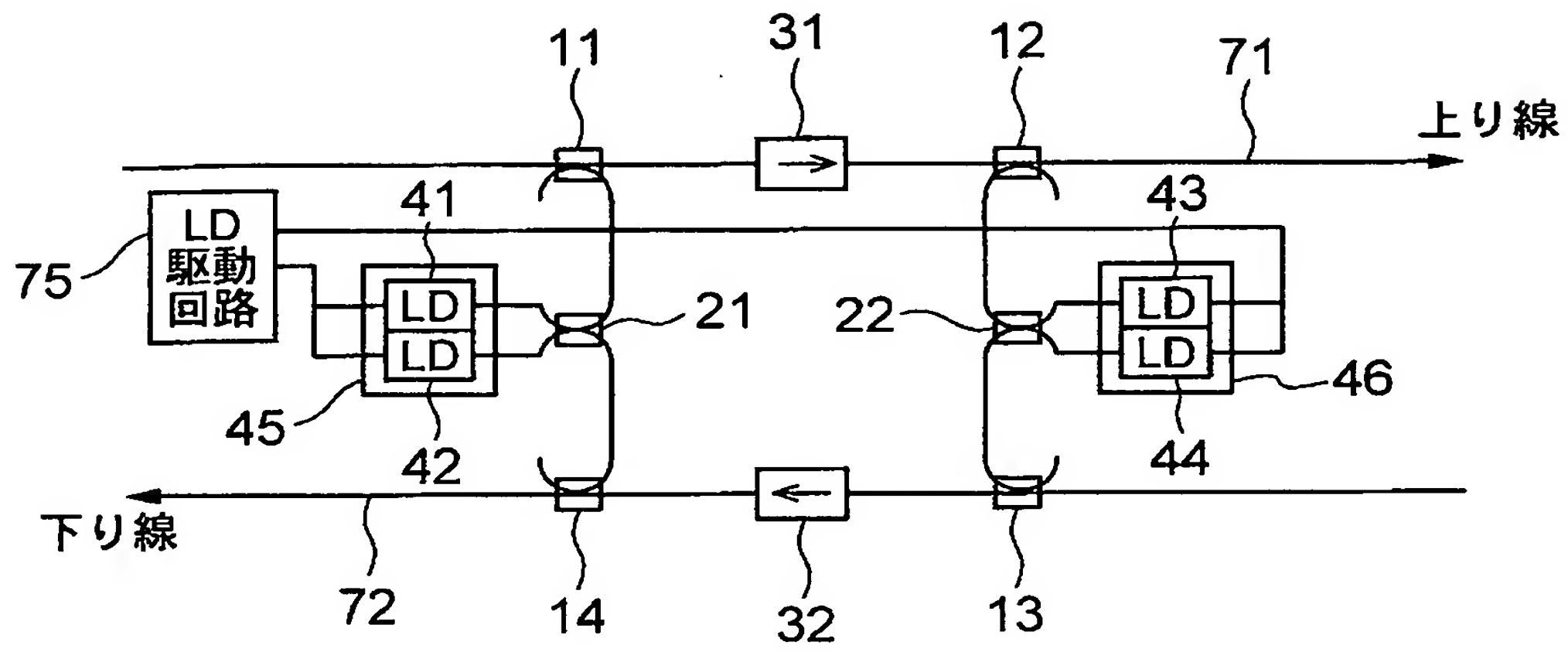
6 2 : 帯域フィルタ (Band Pass Filter)

7 6 : E D F

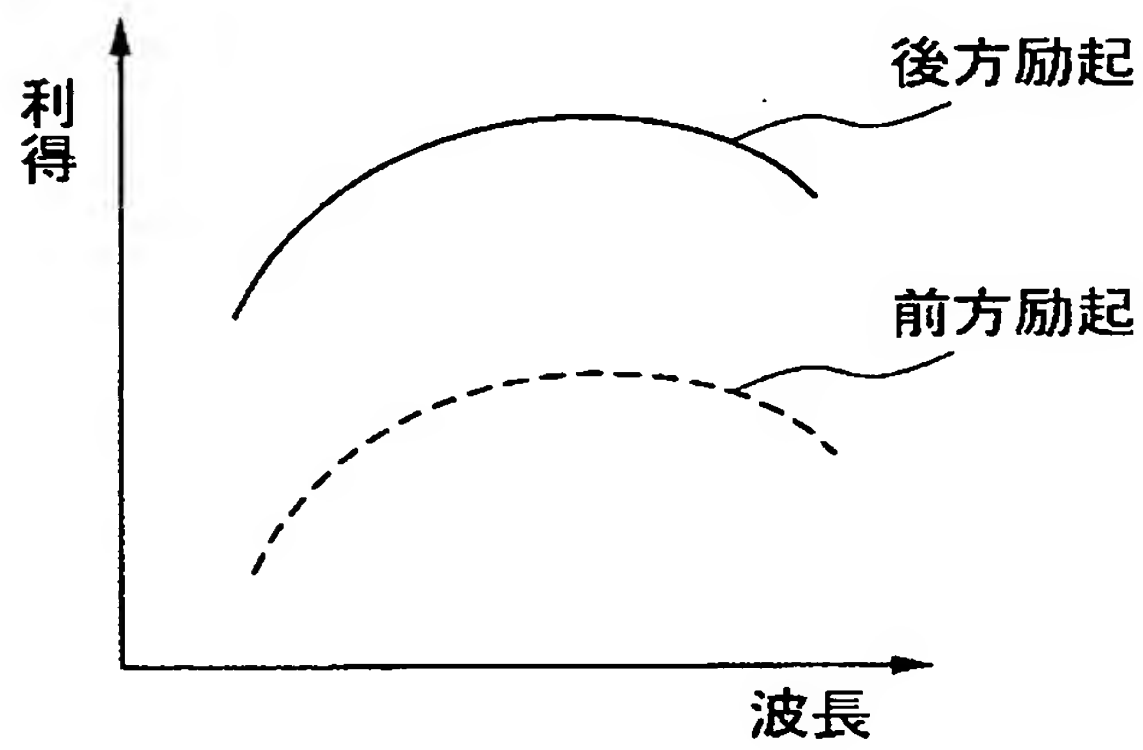
7 5 : L D 駆動回路

【書類名】 図面

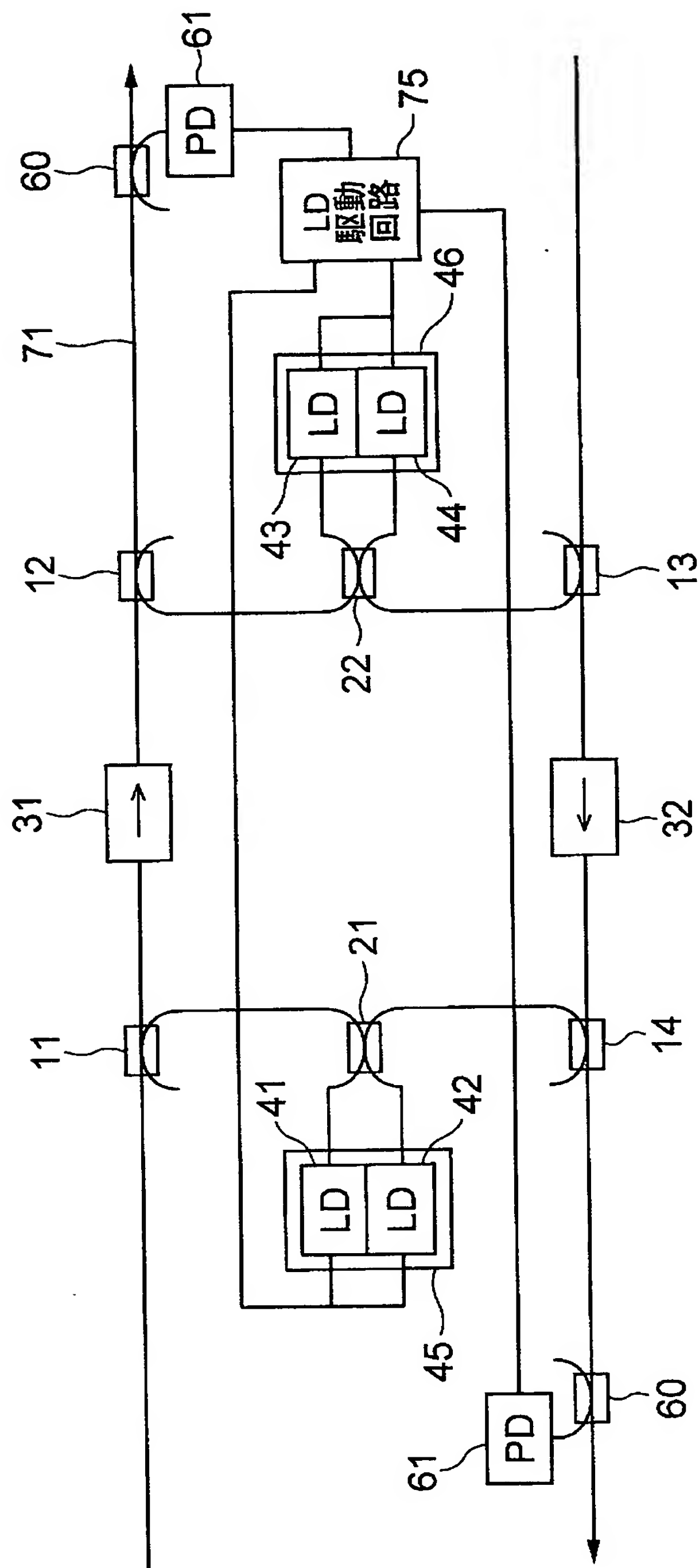
【図 1】



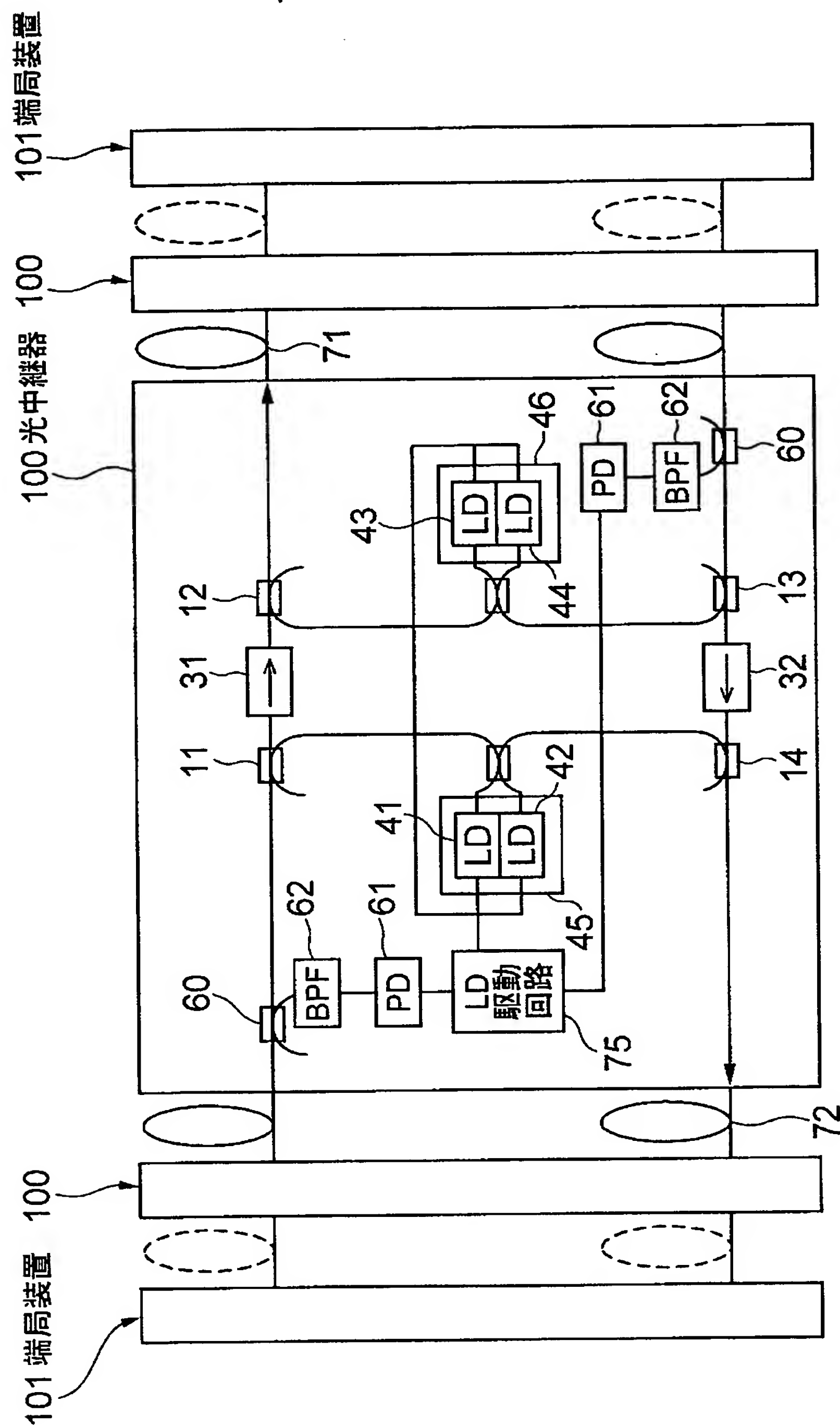
【図 2】



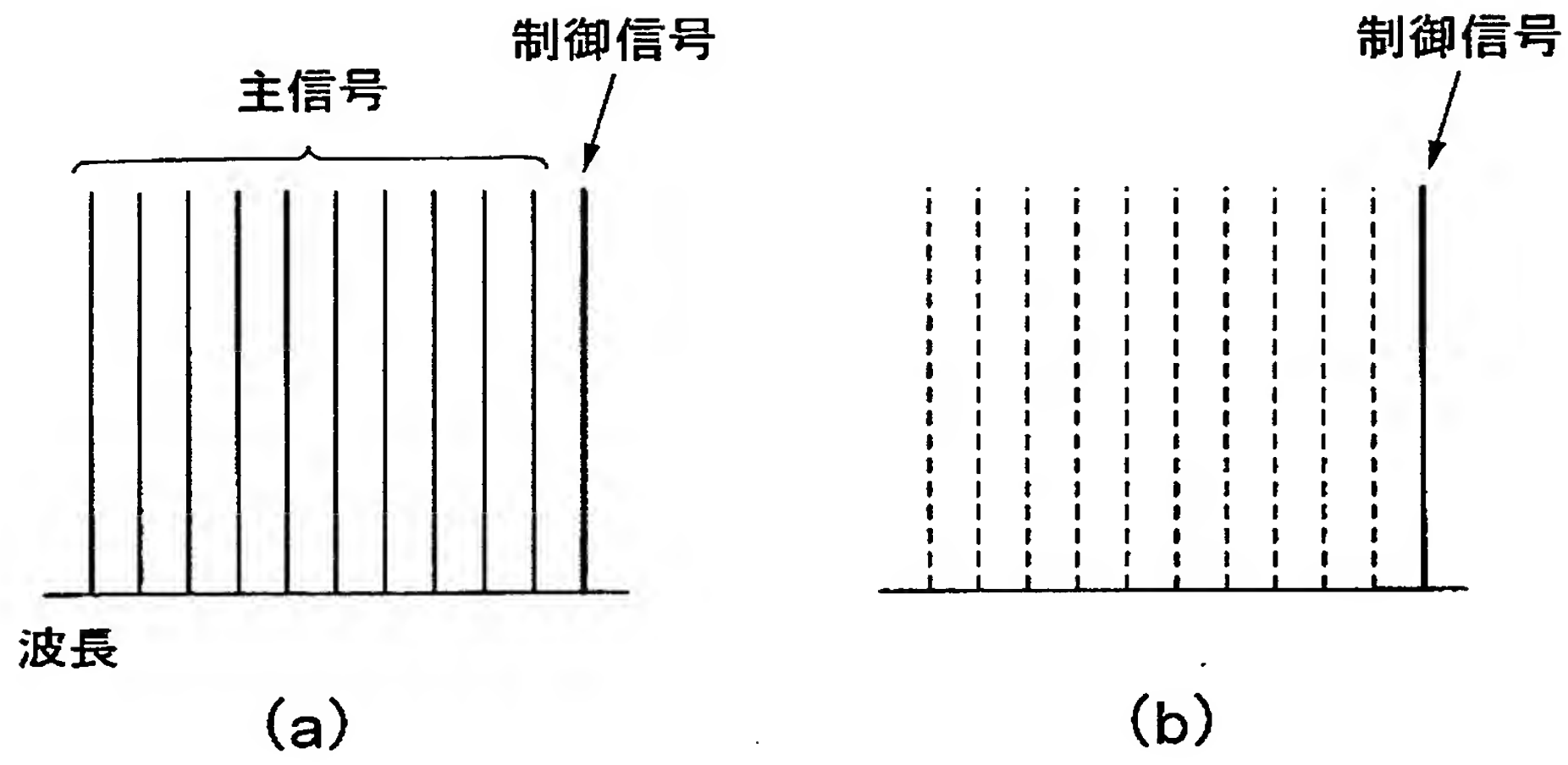
【図 3】



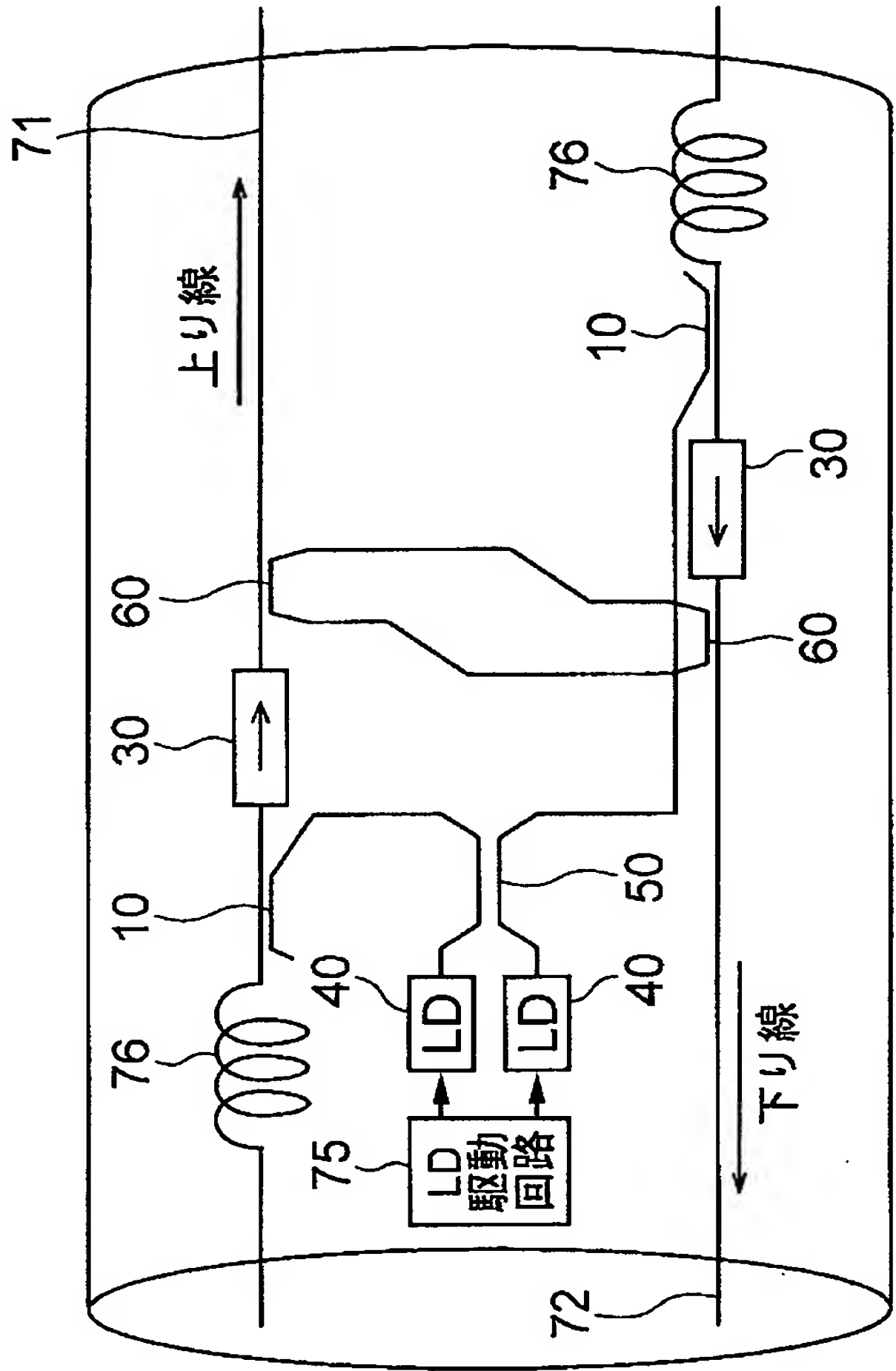
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一対の光回線の増幅率を独立に制御でき、且つ、冗長構成を採用することによって、信頼度が向上した光中継器を提供する。

【解決手段】 上り線の光ファイバ 7 1 に配設された後方励起用の WDM カプラ 1 1、及び、下り線の光ファイバ 7 2 に配設された前方励起用の WDM カプラ 1 3 には、第 1 の励起レーザ部 4 5 から出力された励起光が、第 1 の 3 d B カプラ 2 1 を介して入力される。下り線の光ファイバ 7 2 に配設された後方励起用の WDM カプラ 1 3、及び、上り線の光ファイバ 7 1 に配設された前方励起用の WDM カプラ 1 4 には、第 2 の励起レーザ部 4 6 から出力された励起光が、第 2 の 3 d B カプラ 2 2 を介して入力される。双方の励起光を独立に制御することにより、各光ファイバ 7 1、7 2 を伝搬する光信号を所望の増幅率で増幅する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名	日本電気株式会社